

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-232621

(43) 公開日 平成6年(1994)8月19日

(51) Int. Cl. 5	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 Q	3/36	7015-5 J		
G 0 1 S	7/02	G 8940-5 J		
H 0 1 Q	21/24	7015-5 J		
	25/00	7015-5 J		

審査請求 未請求 請求項の数 8

O L

(全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平5-299749

(22) 出願日 平成5年(1993)11月30日

(31) 優先権主張番号 07/983123

(32) 優先日 1992年11月30日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 593199585

スペース システムズ/ローラル インコ  
ーポレイテッド

アメリカ合衆国, カルフォルニア州 9  
4303, パロ アルト, ファビアン ウェ  
イ 3825

(72) 発明者 エドワード ハーシュフィールド

アメリカ合衆国, カルフォルニア州 950  
14, カッパーティノ, ステンダル レ  
イン 734

(74) 代理人 弁理士 藤村 元彦 (外1名)

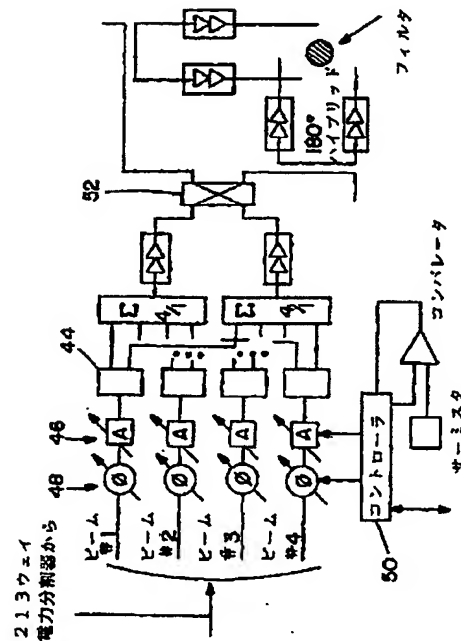
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アクティブ送信フェーズドアレイアンテナ

(57) 【要約】

【構成】 フェーズドアレイ送信アンテナは、基板の空洞部に配置された複数のアンテナ素子と、フィルタを通過した空洞部のマイクロ波出力信号に反応する放射ホーンと、を含む。各空洞部は、マイクロ波ビームを励振する増幅器及びハイブリッドカプラを有し、ビームの指向性及び形状を制御するために電子制御位相シフタ48と減衰器46とを有する。フェーズドアレイ送信アンテナは、同時に生成された複数のマイクロ波ビームのうちの1つを送信する。

【効果】 アレイの全素子は同一の振幅レベルで動作される。



BEST AVAILABLE COPY

K 000394

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 同時に互いに独立な複数のマイクロ波信号ビームを生成するフェーズドアレイ送信アンテナシステムであって、

基板のアレイに配置されるとともに選択された位相を有する直交マイクロ波エネルギー信号を供給するために前記基板の空洞部に配置された増幅手段及びハイブリッドカプラを各々が含む複数のアンテナ放射素子と、前記空洞部のマイクロ波出力信号に反応し選択された周波数帯域内の信号を通過させるフィルタ手段と、指向性及び形状を有するビームとして前記マイクロ波信号を送信するために前記フィルタ手段を通過した前記マイクロ波信号に反応する放射ホーンと、を有し、

前記アンテナ放射素子の各々は、前記ビームの形状及び送信方向を決める同一電力値及び別々の位相値を有し同時に生成された複数のマイクロ波ビームの1つを送信することを特徴とするフェーズドアレイ送信アンテナシステム。

【請求項2】 前記空洞部は、前記空洞部内に直交マイクロ波エネルギーを励振するために、前記空洞部内に180°離れて配置された第1マイクロ波プローブ対と、前記空洞部内で前記第1マイクロ波プローブ対とは90°離れるとともに互いに180°離れて配置された第2マイクロ波プローブ対と、前記第1マイクロ波プローブ対に接続された第1線形増幅器対と、前記第2マイクロ波プローブ対に接続された第2線形増幅器対と、を含むことを特徴とする請求項1記載のフェーズドアレイ送信アンテナシステム。

【請求項3】 前記基板は、円偏波信号を作る直角位相信号を供給するために前記空洞部内の前記第1及び第2増幅器対並びに前記第1及び第2マイクロ波プローブ対に接続された位相シフト手段及び減衰手段を有し、前記増幅器対及び前記プローブ対の一方は、右円偏波を励振し、他方は左円偏波を励振することを特徴とする請求項2記載のフェーズドアレイ送信アンテナシステム。

【請求項4】 前記位相シフト手段及び前記減衰手段は、複数の分離位相シフト回路及び減衰回路と、分離偏波信号を前記空洞部内の前記増幅器及び前記プローブ対に選択的に接続するために前記位相シフト回路及び減衰回路の各々に接続されたスイッチマトリックスと、を含み、

前記分離偏波信号は前記ホーンから送信された前記マイクロ波ビームの指向性及び形状とを形成することを特徴とする請求項3記載のフェーズドアレイ送信アンテナシステム。

【請求項5】 前記減衰手段は、複数の前記素子の前記ホーンから送信された前記マイクロ波ビームの振幅が等しくなるように設定されていることを特徴とする請求項4記載のフェーズドアレイ送信アンテナシステム。

【請求項6】 複数の電力信号をさらに含み、

前記アンテナ素子の各々に対する前記位相シフト回路及び減衰回路は、位相シフト回路及び減衰回路が直列に接続された直列回路の複数を含み、前記直列回路は分離電力信号に接続され、

前記直列回路の各々は、前記アンテナ素子によって送信されるべき分離ビームと対応するとともに、対応する前記ビームの指向性及び形状を決めることを特徴とする請求項5記載のフェーズドアレイ送信アンテナシステム。

【請求項7】 前記位相シフト回路及び前記減衰回路の各々に接続された制御手段を含み、前記制御手段は、所望のビームの指向性及び形状を得るために選択された値で前記位相シフト回路を設定し、且つ前記アンテナ素子の全部が同一の振幅レベルを有するように選択された値に前記減衰回路を設定することを特徴とする請求項6記載のフェーズドアレイ送信アンテナシステム。

【請求項8】 前記ハイブリッドカプラと前記スイッチマトリックスの間に接続された第1及び第2モノリシックマイクロ波集積回路増幅器を含み、

前記モノリシックマイクロ波集積回路増幅器は、複数のビームを相互作用を生じることなく同時に送信するために、送信されるビームを互いに独立に保持する線形であることを特徴とする請求項7記載のフェーズドアレイ送信アンテナシステム。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【技術分野】本発明は、マイクロ波ビームアンテナシステムに関し、特に複数の放射素子の信号の位相を相対的に制御することによって複数のアンテナビームを同時に生成するフェーズドアレイアンテナシステムに関する。

【0002】

【背景技術】長年に亘って、レーダシステムアレイアンテナが鋭い指向性を有するビームの形成に用いられてきた。アレイアンテナ特性は、放射素子の配置と、各素子にて励振された電波の振幅及び位相に依存する。マグネトロンや他の高電力マイクロ波送信機などの近年のレーダの発達によって、汎用レーダ周波数を高周波数に引き上げてきた。このように周波数が高くなるにつれて、ホーンフィードや他の初期のアンテナによって照射される反射器（パラボラ）を通常含むアンテナの構造はさらに簡単になっている。

【0003】次に、電気（非慣性）スキャンニングは、スキャン速度やランダムないしプログラムされたビームポイントの能力を含むので、多くの理由によって重要になってきた。電子制御位相シフト及びスイッチの発達以来、各素子が別々に電氣的に制御されるアレイタイプのアンテナが注目されてきた。フェーズドアレイ分野での制御可能な位相シフト装置は、迅速且つ正確なスイッチングビームの能力を有し、レーダに複数の機能を組み合わせたりまたは同時に行えるようにしている。電子操

縦アレイレーダーは、多くのターゲットを追跡し、ターゲットにミサイルを誘導するために多くのターゲットを照射する。さらに、アレイレーダーは、選択されたターゲットを追跡するために自動ターゲット選択により広角の捜査を行い、遠方の受信機及び送信機に向けてビームを高い利得で指向させる通信システムとして動作する。従って、位相スキャンアレイの重要性はかなり大きい。マグローヒル (McGraw Hill) から出版のメル・I・スコーリンク (Merrill I. Skolink) 著の「レーダーハンドブック」によれば、アレイアンテナに関する現在の技術が記載されている。

【0004】本発明の背景技術には以下に記載する引用例が含まれる。1961年1月3日に確定した米国特許第2,967,301号の「選択指向性スロット導波アンテナ」と称するリアウイン (Rearwin) 特許には、地表に対する航空機の速度を測定するためにシーケンシャルビームを生成する方法が記載されている。

【0005】1969年1月21日に確定した米国特許第3,423,756号の「スキャンニングアンテナフィード」と称するフォルダー (Folder) 特許には、電子制御コニカルスキャンニングアンテナフィードが、周囲に取り付けられて導波路に結合された4つの調整空洞部を有する特大の導波路によって形成されている。空洞部が調整される周波数の信号は、より高次のモードに分割され、アンテナ開口の中心からの放射位相中心の移動を生じる。4つの空洞を次々との信号の周波数に調整することによって、アンテナ開口は円錐形にスキャンされる。他の周波数の信号は、空洞部が調整される周波数から十分に離れていれば、少しも変調されることなく導波路を伝搬し続ける。

【0006】1976年7月13日に確定した米国特許第3,969,729号の「固有RF位相シフトを備えたネットワークフィードフェーズドアレイアンテナシステム」と称するネメト (Nemet) 特許には、位相スキャンアレイに用いる一体型素子・位相シフトが開示されている。非共鳴導波路またはストリップラインタイプの伝送ライン列は、アレイの素子に信号を送る。4つのRFダイオードが、伝送ラインの外側の導電壁の対称スロットパターンに接続するように配列され、伝送ラインからのカップリングをスロットを介して各アンテナ素子の開口へ変えている。故に、各ダイオードは、対応する位相で各スロットから別々の素子の開口へのエネルギーの関与を制御して、開口のネット位相 (net phase) を決めている。

【0007】1977年8月9日に確定した米国特許第4,041,501号の「素子パターンの鋭いカットオフを備えたリミテッドスキャンアレイアンテナシステム」と称するフラゼタ (Frazeta) 特許には、効率的な素子パターンが、選択された角度領域空間内にアンテナビームを放射するのに要する理想的な素子パターンに適

合するカップリング回路によって修正されアレイアンテナシステムが開示されている。スキャンニングビームアンテナにカップリング回路を用いることによって、必要な位相シフトの数が減らせる。

【0008】1978年7月4日に確定した米国特許第4,099,181号の「フラットレーダーアンテナ」と称するスシリエリ (Scillieri) 特許には、並列に配置された複数の直線的な放射素子からなるレーダー装置のフラットレーダーアンテナが開示されている。このアンテナでは、放射素子の1つとレーダー装置との間から流れるエネルギー量が調整される。さらに、放射素子は同一面の放射面を有する導波路であり、この導波路は4方向に分けられ、各方向は1つまたは2つの状態をとるフィード装置によってレーダー装置に接続される。また、レーダー装置は、一方向の全導波路と、一方向の導波路を除くアンテナ中心に最近接の列のみに信号が送られる。4つのフィード装置を同時に同一状態とする手段が設けられているので、レーダーアンテナはアンテナ中心に対して対称的なレーダービームを放射する。さらに、レーダーアンテナはフィード装置の状態に応じて異なる配置を採るものである。

【0009】1986年6月17日に確定した米国特許第4,595,926号の「2重スペースフィード平行プレートアンテナビーム形成システム」と称するコブス (Kobus) 特許には、ローサイドローブ放射パターンを生成するために線形アレイ用に適宜の振幅テーパが形成され焦点の合わないレンズを含み直列に接続された平行プレート対からなり、単一パルストランシーバに用いられるビーム形成システムが開示されている。デジタル位相シフトがビームの指向性を操るために用いられ、焦点の合わないレンズは位相シフトの使用によって生じる量子化エラーとの相関をなくす。

【0010】1970年12月8日に確定した米国特許第3,546,699号の「スキャンニングアンテナシステム」と称するスミス (Smith) 特許には、円弧に配列された同相の電磁気エネルギーのセパレートソースの固定されたアレイと、円弧状の入力輪郭 (contour) 整合を有し円弧に近接する変換器と、線形出力輪郭 (contour) と、変換器によって放射される全出力エネルギーが同相となるような伝送特性と、円の中心を中心として円を含む面内で変換器を回転させる手段と、を有するスキャンニングアンテナシステムが開示されている。

【0011】

【発明の概要】本発明は、所望の領域のみを照射する互いに独立な複数のアンテナビームを同時に生成するフェーズドアレイアンテナシステム、特にアクティブ送信フェーズドアレイアンテナに関する。照射領域の大きさ及び形状はアレイを構成する素子の大きさ及び数に依存し、ビームの数はアレイに信号を供給するビーム形成ネットワークの数に依存している。アレイの全素子は同一

の振幅レベルで動作し、ビームの形状及び指向性は位相の設定によって決まる。

#### 【0012】

【実施例】図1に示すアクティブ送信フェーズドアレイアンテナは、六角形に配置された213個の素子を含んでいる。図2は、図1のアンテナに含まれる213個の素子のうちの1つを示したものである。図1の素子の各々は、図2に示す素子と同一であり、2つの直交偏波の各々を25dB以上の分離利得(isolation)で放射できる放射ホーン10を含んでいる。ホーンには、所望帯域のエネルギーを通過させ且つそれ以外の周波数のエネルギーを遮断する多極バンドパスフィルタ手段12によって信号が送られてくる。本発明の送信アンテナが受信アンテナとともに通信衛星に備えられるとき、送信機からの受信帯域のエネルギーが受信アンテナの受信素子に入り込んで受信素子と干渉するので、上記フィルタ手段は大切な役割を果たす。本実施例において、フィルタ手段12は、一連の連続した共鳴空洞部からなり、これらの共鳴空洞部は、上記分離利得の保持に必要な高精度の直交性を維持する方法に互いに連結されている。

【0013】フィルタ手段12は、基板36に取り付けられた気体誘電空洞部14に連結されている。気体誘電空洞部14は、プッシュプル方式で直交マイクロ波を励振する高効率のモノリシック増幅器を含んでいる。図3は、図2の気体誘電空洞部14の平面図を示す。マイクロ波の励振は、増幅器22, 24, 26, 28にそれぞれ接続されたプローブ18, 20, 30, 32によって行われる。プローブ18, 20は、相対的に180°離れた位置にて空洞部14を駆動するように配置されている。このプローブ18, 20の配置によって、増幅器22, 24が位相がずれて駆動しているとき、プッシュプル方式に必要な変換が行われる。同様に、増幅器26, 28は、プローブ18, 20とは90°離れたとともに互いに180°離れたプローブ30, 32に信号を送り、空洞部内に直交マイクロ波エネルギーを励振するものである。2対の増幅器は、180°カブラ34A, 34Bを介してハイブリッド34の入力によって直角位相で信号を送って円偏波を生成する。

【0014】直交ビームに必要な位相及び振幅の正確な一様性を得るために、増幅器22, 24, 26, 28は実質的に同一でなければならない。この同一性を得るための方法としては、増幅器にモノリシックマイクロ波集積回路(MMIC)を使用することである。90°ハイブリッド34は図3に示す2つのドッドにて終端して示されている。これらのドッドは、図4の底面図に示す基板36からのフィードスル接続を表している。フィードスル接続の他端は、符号38, 39にて示されている。このドッドの一方は右円偏波を励振し、他方は左円偏波を励振する。さらに、フィードスル接続を通過した信号が、90°ハイブリッド34の作用を受けずに直接18

0°カブラ34A, 34Bに送られると、円偏波ビームよりも直線偏波ビームが励振されることとなる。ハイブリッド34は、各偏波の検出用にコネクタ38, 39を介してMMIC駆動増幅器40, 42に接続される。各ビームの所望の偏波はスイッチマトリックス44によって選択される。スイッチマトリックス44は、2つの駆動増幅器40, 42に信号を送るために各偏波の全信号を結合する。各ビーム入力部(本実施例では4つ)は、ビームの指向性及び形状(各ビームのサイズ)を確定するために用いられる電子制御位相シフタ48と減衰器46とを含んでいる。アレイの全素子は、任意のビームに対して同一レベルで駆動される。このことは、ビームのサイドローブを低減するためにアレイに振幅グラディエントを用いる他の送信フェーズドアレイとは異なる点である。

【0015】上記アクティブ送信フェーズドアレイアンテナは、アンテナの電力効率を最大にするために一様な放射(グラディエント無し)を行うものである。さもなければ、アンテナ素子の電力容量が十分に利用されない。全体の平均電力は、ビーム対の間に電力を損失することなく適宜分布している。ビームの電力配分が減衰器46を備えることによってアンテナの全素子に行われた場合、ビームの指向性と形状とを確定するために、位相シフタ48を用いて位相が設定される。所望のビーム形状及び指向性に対する位相の設定は、ビームの合成プロセスによって選択される。合成プロセスは、反復、算出反復処理であり、コンピュータに記憶させることができる。合成プロセスの目的は、不要な領域を照射することなく所望の領域のみを最も効率良く照射するビームを形成することである。この領域は正多角形によって画定され、領域の最小サイズはアレイにて選択された素子数及びその空間的配置によって設定される。概して、アレイの素子数が多くなると、合成される多角形の形状はより複雑になる。位相ビーム形成プロセスによって、所望のビーム形状が生成されるのみならず、格子ローブも生成される。本発明の他の目的は、衛星アンテナとして使用する際、格子ローブの相対的振幅を最小にするとともに衛星の軌道位置から見える地表面に格子ローブが現れることを防いで、格子ローブが隣接ビームでの干渉として現れたり、格子ローブを不要な領域に送信して電力を浪費しないようにしている。合成プロセスによって格子ローブは最小にされる。また、合成プロセスは、他の方法では容認可能なレベルに小さくできない格子ローブの位置でゼロとなるビームを生成するために用いられる。

【0016】アクティブ送信フェーズドアレイアンテナによって生成される互いに独立したビームの数は、各素子に信号を送る位相シフタ48及び減衰器46の数によって制限される。図5において、位相シフタ48及び減衰器46の各列には、別々の一様な電力分割器によって信号が送られる。各電力分割器のポート数は、素子の数

以上でなければならない。図5に示す例では、電力分割器のポート数は213以上でなければならない。電力分割器の個数は、アンテナから照射される互いに独立なビームの数と等しくなければならない。故に、図示したシステムは、各々が213個のポートを有する4つの電力分割器を必要とする。

【0017】前述の如く、各ビームでの電力の和は、効率を最大にするために全素子の容量と等しくなければならない。各素子の容量は、線形容量、または非歪 (non-distorting) 容量である。アクティブ送信フェーズドアレイアンテナが生成したビームの独立を保持するために、チェーン内の各増幅器は、ビーム間の許容不能なクロストークを防ぐために線形範囲内で動作しなければならない。増幅器が線形である限り重畳原理が有効となる。増幅器が非線形領域で駆動しているとき、ビームの独立性は危うい状態にある。最終の増幅器22, 24, 26, 28は、電力の90%以上を消費するので最も重要である。許容可能な動作を行うために、増幅器22, 24, 26, 28は、特異的な最大値以下の全動作レベルで全体の調和歪が0.1%のオーダーでなければならない。

【0018】各素子は、図5に示すように、かなりの大きさのゲートアレイ内に組み込まれたインターフェース電子回路とともにマイクロプロセッサコントローラ50によって制御される。コントローラ50は、各位相シフタ及び減衰器によって必要とされる所定制御電圧を生成する機能を有するのみならず、現在及び次のコマンドを記憶することもできる。適正な制御の機械化によって、ビームは、所望の拠点、または多くの独立した領域にサービスを行うために時間分割多重拠点の一方にスイッチ

30

数は、地上で算出されて、衛星制御リンクによって衛星に中継される。各素子は、唯一のバスアドレスを有し、素子のハードウェアが固定される結合ネットワークへと組み立てられたハードワイヤコードによって確定される。ドリフトに関係する温度のポテンシャルのために、サーミスタが必要に応じて制御電圧を補償するために用いられる。位相及び振幅を制御するために必要とされる電圧が線形でない場合、マイクロプロセッサは、線形化を行うテーブルを備えることができる。

【0019】本発明を好ましい実施例に基づいて図示するとともに説明したが、当業者においては、本発明の請求項から逸脱することなく実施例の形態及び詳細を変更できるはずである。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】アクティブ送信フェーズドアレイアンテナ用のアレイ素子の複数を示す図である。

【図2】図1に示すフェーズドアレイアンテナに用いられる素子の断面図である。

【図3】図2に示す気体誘電空洞部の上面図である。

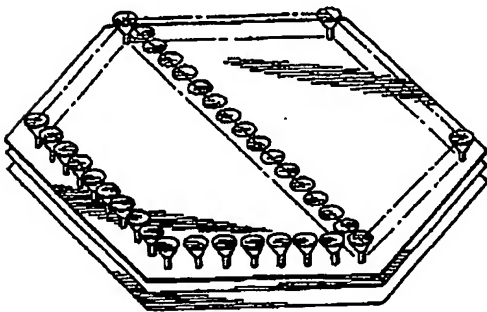
【図4】図2に示すシステムに用いられるコントローラの底面図である。

【図5】図4に示す位相シフタと減衰器との回路構成図である。

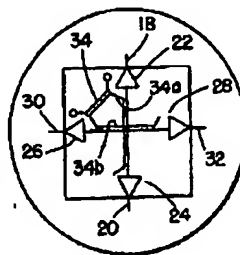
#### 【符号の説明】

- 10 放射ホーン
- 12 フィルタ手段
- 14 空洞部
- 18, 20, 30, 32 プローブ
- 22, 24, 26, 28 増幅手段としての増幅器
- 34 ハイブリッド
- 36 基板
- 44 スイッチマトリックス
- 46 減衰器
- 48 位相シフタ

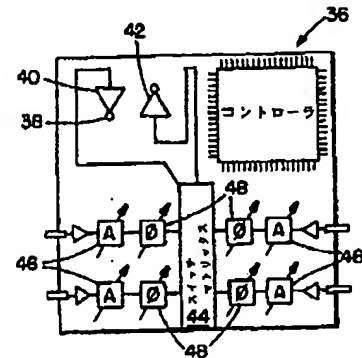
【図1】



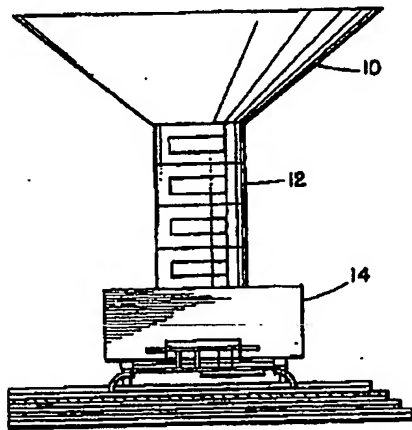
【図3】



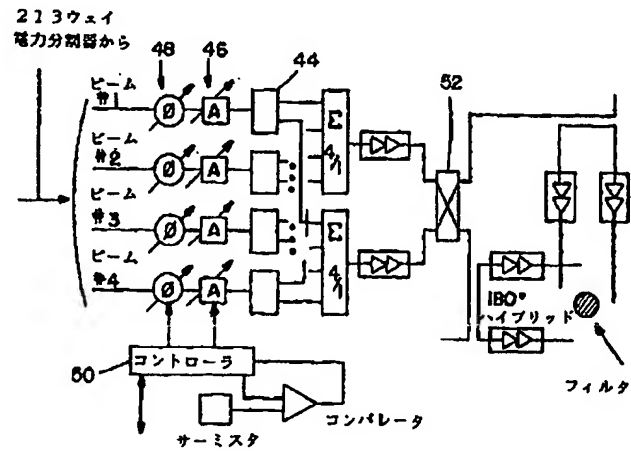
【図4】



【図2】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 エドガー ダブリュー. マシユーズ, ジュニア,  
アメリカ合衆国, カルフォルニア州  
94040, マウンテン ビュー, クエル  
ナバカ サークル 1398

(72)発明者 ハワード エイチ. ルー  
アメリカ合衆国, カルフォルニア州  
94087, サニーヴェイル, ビーバート  
ン コート 813

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**